

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. Dezember 2003 (18.12.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/105340 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H03H 9/25**

[DE/DE]; Böhlastr. 30, 81247 München (DE). **RUILE, Werner** [DE/DE]; Klarastr. 5a, 80636 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE03/01466**

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstrasse 55, 80339 Munich (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
7. Mai 2003 (07.05.2003)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

**Veröffentlicht:**  
— mit internationalem Recherchenbericht  
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(30) Angaben zur Priorität:  
102 25 201.7 6. Juni 2002 (06.06.2002) DE

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

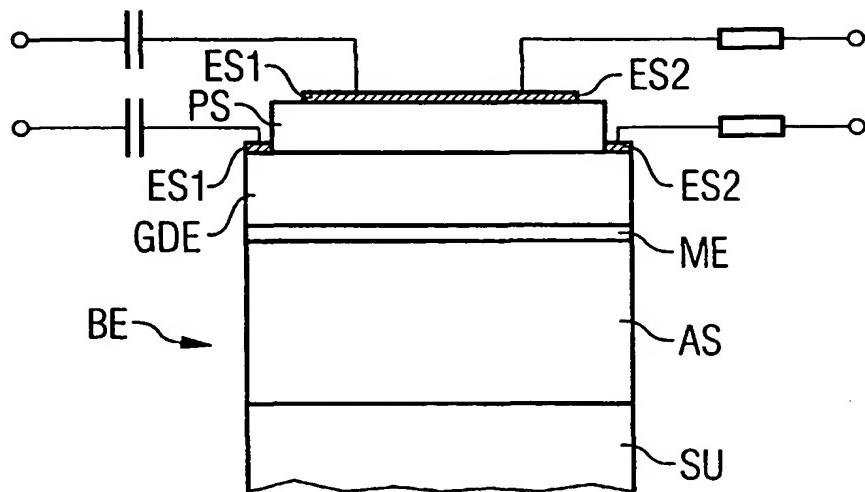
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **EPCOS AG [DE/DE]**; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KORDEN, Christian**

(54) Title: ADJUSTABLE FILTER AND METHOD FOR ADJUSTING THE FREQUENCY

(54) Bezeichnung: ABSTIMMBARES FILTER UND VERFAHREN ZUR FREQUENZABSTIMMUNG



(57) Abstract: In order to adjust the frequencies of a component operating with acoustic waves, a GDE layer (GDE) is arranged in close mechanical contact with a piezoelectric excitation layer (PS, PS1) which can greatly alter the rigidity and the sound propagation velocity under mechanical strain. The degree of material expansion or compression can be adjusted by means of two control voltage electrodes (ES2) and a piezoelectric adjustment layer (PS, PS2).

(57) Zusammenfassung: Zur Frequenzabstimmung eines mit akustischen Wellen arbeitenden Bauelements wird vorgeschlagen, in engem mechanischen Kontakt

**WO 03/105340 A1**

zu einer piezoelektrischen Anregungsschicht (PS, PS1) eine GDE-Schicht (GDE) vorzusehen, welche ihre Steifigkeit und damit die Schallausbreitungsgeschwindigkeit unter einer mechanischen Verspannung stark ändern kann, wobei der Grad der Materialausdehnung bzw. -stauchung mittels zweier Steuer-spannungs-Elektroden (ES2) und einer piezoelektrischen Ab-stimmschicht (PS, PS2) einstellbar ist.

**Beschreibung****Abstimmbares Filter und Verfahren zur Frequenzabstimmung**

- 5 Die Erfindung betrifft ein abstimmbares mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement, insbesondere ein Filter sowie ein Verfahren zur Frequenzabstimmung.

Unter mit akustischen Wellen arbeitenden Bauelementen werden  
10 im Wesentlichen SAW-Bauelemente (Oberflächenwellenbauelemente), FBAR Resonatoren (Thin Film Bulk Acoustic Wave Resonator) und mit oberflächennahen akustischen Wellen arbeitende Bauelemente verstanden. Solche Bauelemente können z. B. als Verzögerungsleitungen, Resonatoren oder als ID-Tags eingesetzt werden. Große Bedeutung haben diese Bauelemente insbesondere jedoch als Filter in drahtlosen Kommunikationssystemen. Diese Systeme arbeiten weltweit mit regional unterschiedlichen Übertragungsnormen, die sich unter anderem durch unterschiedliche Frequenzlagen für die Sende- und Empfangsbänder sowie durch unterschiedliche Bandbreiten auszeichnen. Da somit die Einsetzbarkeit eines nur einer Norm gehorchnenden Telekommunikationsendgerät regional begrenzt ist, sind solche Endgeräte wünschenswert, die mehr als einer Norm gehorchen. Dafür existieren bereits heute Multi-Band-Endgeräte, beziehungsweise kombinierte Multi-Band/Multi-Mode-Endgeräte. Diese weisen dazu in der Regel für jedes Frequenzband ein eigenes Filter auf und können auf diese Weise zwischen unterschiedlichen Sende- und Empfangssystemen hin und her schalten. Aufgrund der Vielzahl der dafür erforderlichen Filter und weiterer erforderlicher Komponenten werden diese Endgeräte jedoch wesentlich teurer und schwerer als zuvor und laufen außerdem dem Trend der zunehmenden Miniaturisierung der mobilen Endgeräte entgegen.

35 Es wurde bereits vorgeschlagen, für ein Multi-Band/Multi-Mode-Endgerät schaltbare Filter zu verwenden, die zwischen unterschiedlichen Arbeitsfrequenzen umschalten können, um da-

mit unterschiedliche Frequenzbänder mit einem einzelnen Filter abzudecken. Für Filter in SAW-Technik ist es dazu bekannt, auf einem Substrat unterschiedliche Filterelemente oder unterschiedliche Elektrodensätze aufzubringen, zwischen denen umgeschaltet werden kann. Aber hier sind die stets mit elektrischen Verlusten behafteten Schalter und die zusätzliche Chipfläche für die weiteren Elektrodensätze, die diese Technik benötigt, von Nachteil. Außerdem ist es auf diese Weise nur möglich, zwischen konkret vorgegebenen Schaltzuständen auszuwählen beziehungsweise zu schalten.

Weiterhin wurde bereits vorgeschlagen, analog durchstimmbare (tunable) Filter zu schaffen, um damit ein Filter für unterschiedliche Frequenzen auszulegen. Herkömmliche SAW-Filter sind jedoch für ihre Frequenzstabilität bekannt und daher nicht oder nur in sehr engen Grenzen abstimmbar. Zur Abstimmung ist es bekannt, parallel zum Filter eine variable Kapazität zu schalten, ein variables ferroelektrisches Material zu verwenden, eine in ihrer Leitfähigkeit variable Schicht einzusetzen oder variable Lasten auf einzelne Filterelemente zu geben. Die damit erreichbare durchstimmbare Bandbreite, also der maximal variierbare Frequenzbereich für solche Filter ist aber eher gering und nicht dazu ausreichend, ein SAW-Filter durch Frequenzabstimmung in unterschiedlichen Frequenzbändern betreiben zu können.

Eine weitere mit akustischen Wellen arbeitende Filtertechnik ist die FBAR- oder BAW-Filtertechnik, bei der durch Zusammen-schalten verschiedener in FBAR-Technik aufgebauter Eintorresonatoren ein Bandpaßfilter realisiert werden kann. Auch hier ist es möglich, für ein zwischen verschiedenen Frequenzen schaltbares Filter unterschiedliche Filterelemente wie beispielsweise unterschiedliche Elektroden oder komplett unterschiedliche Resonatoren oder Filter vorzusehen. Auch wurde für FBAR Filter bereits vorgeschlagen, parallele variable Kapazitäten, variable ferroelektrische Materialien, variabel leitfähige Schichten oder variable Lasten für einzelne Fil-

terelemente vorzusehen, um dadurch schaltbare oder abstimmbare Filter zu realisieren. Doch ebenso wie bei der SAW-Technik lassen sich die Frequenzen auch auf diese Art und Weise in nur sehr engen Grenzen abstimmen.

5

In der US 5,959,388 ist ein SAW-Bauelement beschrieben, welches mit einem Magnetfeld abstimmbar ist. Dazu ist auf einem magnetostriktivem Material eine piezoelektrische Schicht aufgebracht, auf der das SAW-Bauelement realisiert ist. Unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes wird in der magnetostriktiven Schicht eine mechanische Verspannung generiert, die zu einer Veränderung der Geschwindigkeit der Oberflächenwelle führt. Auf diese Weise läßt sich die Frequenz des SAW-Bauelements verschieben. Da das Magnetfeld mit einer Spule erzeugt wird, stellt dies eine aufwendige und nur schwer steuerbare Konstruktion dar, die vor allem wegen der energetischen Verluste für mobile Endgeräte nicht geeignet ist.

In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 20 102 08 169.7 ist außerdem eine Lösung zur Frequenzabstimmung beschrieben, bei der die Regelung der Frequenzlage in einfacher Weise mittels zweier Steuerelektroden gelingt, über welche die Permeabilität eines hybriden Permeabilitätselementes beeinflußt wird. Das hybride Permeabilitätselement besteht dabei zumindest aus einem Verbund einer piezoelektrischen Steuerschicht und einer magnetostriktiven Schicht. Mit einer an die Steuerelektroden angelegten Steuerspannung wird das Magnetfeld und damit die elastischen Eigenschaften der magnetosensitiven Schicht beeinflußt, was eine Auswirkung auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit akustischer Welle in diesem Material hat. Dadurch wird die Frequenzlage des in der piezoelektrischen Schicht über der magnetosensitiven Schicht ausgebildeten Bauelements beeinflußt.

35 Ein wesentlicher Nachteil des zuletzt genannten Verfahrens besteht darin, daß das zur Modulation des Magnetfeldes benutzte Permeabilitätselement als eigenes Bauteil nachträglich

mit dem eigentlichen Filterelement verbunden oder sogar in das Filtergehäuse integriert werden muß. Dadurch tritt ein erheblicher Zusatzaufwand auf, der bezüglich der Gehäusetechnik einen wesentlichen Kostenfaktor darstellt.

5

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement anzugeben, welches in seiner Frequenzlage einfach abstimmbar ist und welches sich zur Herstellung von in verschiedenen Frequenzbändern arbeitenden Filtern eignet.

10

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Bauelement mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sowie ein Verfahren zur Frequenzabstimmung gehen aus weiteren Ansprüchen hervor.

15

Die Erfindung gibt ein Bauelement an, welches einen einfachen Mehrschichtaufbau aufweist und welches in einfacher Weise in seiner Frequenzlage abstimmbar ist.

20

Die Abstimmung der Frequenzlage wird über eine veränderliche Spannung - die Steuerspannung - vorgenommen, welche an eine piezoelektrische Schicht - die Abstimmsschicht - angelegt ist und aufgrund eines inversen piezoelektrischen Effektes mechanische Ausdehnung oder Stauchung des Piezomaterials bewirkt. Die mechanischen Verspannungen werden weiterhin unmittelbar - im Gegensatz zu den bei abstimmbaren Filtern bisher bekannten Lösungen ohne Miteinbeziehung eines im Bauelement oder von außen gesteuerten Magnetfeldes - auf eine anliegende dünne GDE-Schicht übertragen. Diese steht in engem mechanischem Kontakt zu einer piezoelektrischen Anregungsschicht, auf der Elektrodenstrukturen realisiert sind, die Bauelementstrukturen darstellen. Durch die mechanischen Verspannungen werden die elastischen Eigenschaften in der GDE-Schicht bestimmt, beziehungsweise bei varierender Steuerspannung entsprechend verändert.

GDE-Materialien (Giant Delta E) sind Materialien, die eine außergewöhnlich hohe Änderung des Elastizitätsmoduls unter einer mechanischen Verspannung aufweisen. Eine Reihe solcher Materialien aus den unterschiedlichsten Materialklassen sind  
5 in letzter Zeit bekannt geworden.

Eine große Steifigkeitsänderung durch mechanische Verspannungen wird beispielsweise mit bestimmten metallischen Gläsern, sogenannten Metgläsern erreicht, die hauptsächlich aus den  
10 Metallen Eisen, Nickel und Kobalt bestehen. So weisen beispielsweise Metgläser der Zusammensetzung  $Fe_{81}Si_{3,5}B_{13,5}C_2$ ,  $Fe-CuNbSiB$ ,  $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ ,  $Fe_{55}Co_{30}B_{15}$  oder  $Fe_{80}$  mit Si und Cr einen starken Delta E Effekt auf. Solche Metgläser sind beispielsweise unter dem Markennamen VITROVAC ® 4040 der Vakuum-  
15 schmelze oder unter der Bezeichnung Metglas ® 2605 SC ( $Fe_{81}Si_{3,5}B_{13,5}C_2$ ) bekannt.

Auch Multilayer-Systeme mit amorpher Struktur auf der Basis gemischter Metalloxide sind geeignet, beispielsweise das  
20 Zweischichtsystem  $Fe_{50}Co_{50}/Co_{50}B_{20}$ .

Auch binäre und pseudobinäre Systeme aus seltenen Erdenmetallen, wie  $Tb Fe_2$  oder  $Tb_{0,3} Dy_{0,7} Fe_2$  kommen in Betracht.

25 Auch Einkristallsysteme wie Terfenol in der Zusammensetzung  $Tb_x Dy_{1-x} Fe_y$  mit  $0,27 \leq x \leq 0,3$  und  $1,9 \leq y \leq 1,95$  oder  $F_{14}Nd_2B$  zeigen einen starken  $\Delta E$ -Effekt.

Eine weitere Substanzklasse mit hohem  $\Delta E$ -Effekt sind die  
30 Phosphate  $RPO_4$  von seltenen Erden. Dabei steht R für die seltenen Erden von Tb bis Y, beispielsweise für  $TbPO_4$ ,  $TmPO_4$  und  $DyPO_4$ . Diese Zusammensetzungen weisen eine polykristalline Struktur auf, können aber auch in tetragonaler einkristalliner Form eingesetzt werden.

35

In Abhängigkeit von dem für die GDE-Schicht gewählten Material kann deren Elastizitätsmodul bis zu einem Faktor von mehr

als 2 verändert werden. Die Geschwindigkeit der Oberflächenwelle, die von der Wurzel des Elastizitätsmoduls abhängig ist, läßt sich dementsprechend um mehr als 30 % verändern, was der Änderung der Frequenzlage des Bauelements entspricht,  
5 die proportional zur Geschwindigkeit der Oberflächenwelle ist.

Alle oben genannten Stoffe ändern bei Anlegen eines Magnetfelds ihre elastischen Eigenschaften um bis zu 100 %, ohne  
10 daß sie dafür in der Nähe eines Phasenübergangs arbeiten. Infolgedessen ist die Änderung der Eigenschaften auch proportional zum angelegten Magnetfeld, so daß eine gute Regelung dieser Eigenschaften über ein Magnetfeld möglich ist.  
15 Das erfindungsgemäße Bauelement kann als SAW-Bauelement auf der (dünnen) piezoelektrischen Anregungsschicht ausgebildet sein. Auf dieser piezoelektrischen Schicht sind die Elektrodenstrukturen und alle übrigen Bauelementstrukturen angeordnet, beispielsweise Interdigitalwandler, Reflektoren sowie  
20 elektrische Anschlüsse und Verbindungen. Unterhalb der piezoelektrischen Schicht ist die GDE-Schicht angeordnet. Die Veränderung der Steifigkeit eines GDE-Materials infolge mechanischer Verspannungen ruft wiederum eine Veränderung von der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Oberflächenwelle hervor.  
25 Da die Eindringtiefe der SAW während der Ausbreitung ungefähr einer halben Wellenlänge  $\lambda$  entspricht, wird die Dicke der piezoelektrischen Schicht entsprechend dünner als  $\lambda/2$  gewählt, um die teilweise Ausbreitung der Welle innerhalb der GDE-Schicht und damit den gewünschten Effekt zu gewährleisten.  
30

Da die GDE-Schichten außerdem magnetostriktive Eigenschaften aufweisen, ist bei der Erfindung unerwünscht, daß die im Bauelement erzeugte akustische Welle eine Rückwirkung auf die  
35 GDE-Schicht hat, die zu einer Nichtlinearität des Bauelements führen würde. Daher sind die GDE-Schichten so ausgewählt, daß deren maximale Umschaltfrequenz, also das Ansprechen auf eine

mechanische Einwirkung durch den inversen magnetostriktiven Effekt aufgrund der akustischen Welle, weit unterhalb des Frequenzbereiches der akustischen Welle liegt, bei der das Bauelement arbeitet. Dies hat zur Folge, daß bei der Arbeits-

- 5 frequenz des Bauelements die akustische Welle keinerlei Rückkopplungen durch den magnetostriktiven Effekt in der GDE-Schicht erzeugt. Für alle in dem erfindungsgemäßen Mehrschichtaufbau verwendeten Schichten ist diese Forderung erfüllt. Dennoch können die Bauelemente mit einer ausreichenden  
10 Geschwindigkeit umgeschaltet werden. Die Trägheit des magnetostriktiven Effekts erlaubt noch Schaltfrequenz im Kilo-hertz-Bereich, was Schaltzeiten von weniger als 1 ms entspricht.

- 15 Ein erfindungsgemäbes Bauelement kann auch als FBAR-Resonator ausgebildet sein. Ein solches mit Volumenwellen arbeitendes Bauelement weist eine piezoelektrische Schicht auf, die zwischen zwei Elektrodenschichten angeordnet ist. Erfindungsgemäß kann eine der Elektrodenschichten, insbesondere die untere Elektrodenschicht, als GDE-Schicht ausgebildet sein. Dies ist insofern in einfacher Weise möglich, da die meisten GDE-Materialien eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Andernfalls wird eine dünne hochleitfähige Schicht als zusätzliche Elektrodenschicht vorgesehen. Möglich ist es  
20 25 auch, die genannte GDE-Schicht als obere Elektrodenschicht für den FBAR-Resonator auszubilden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, beide Elektrodenschichten aus einem GDE-Material herzustellen. Möglich ist es auch, die GDE-Schicht als zusätzliche Schicht zu den Elektrodenschichten auszubilden, wobei die GDE-Schicht über- oder unterhalb von Elektrodenschichten oder direkt benachbart der piezoelektrischen Schicht angeordnet werden kann.

- Bei der Ausführung als FBAR-Resonator ist das gesamte Bauelement vorzugsweise auf einem Substrat aufgebaut, auf dem die einzelnen Schichten einzeln und hintereinander erzeugt beziehungsweise übereinander abgeschieden werden. Als Substratma-

terialien dienen üblicherweise Glas oder Halbleiter wie beispielsweise Silizium. Weitere geeignete Substratmaterialien sind Keramik, Metall, Kunststoffe sowie andere Material mit entsprechenden mechanischen Eigenschaften, auf denen sich die

- 5 für das Bauelement erforderlichen Schichten abscheiden lassen. Möglich sind auch Mehrlagenaufbauten aus zumindest zwei unterschiedlichen Schichten. Das Substrat ist mechanisch stabil und vorzugsweise im thermischen Ausdehnungskoeffizienten an den darüber aufgebrachten Schichtaufbau angepaßt, um in  
10 den auf Dimensionsänderungen empfindlichen Schichten des Bauelements Verspannung durch unterschiedliche thermische Ausdehnung zu minimieren.

Bei der Ausbildung des Bauelements als FBAR-Resonator (BAW-

- 15 Resonator, BAW steht für Bulk Acoustic Wave) existieren verschiedene Aufbauvarianten, die sich bezüglich der Schichtenfolge im Bauelement unterscheiden können. Zur akustischen Entkopplung des FBAR-Resonators zum Substrat hin kann beispielsweise ein akustischer Spiegel vorgesehen sein, der die  
20 akustische Welle in den Resonator reflektiert, so daß keine Verluste durch Abstrahlung der Welle in das Substrat hinein entstehen. Ein solcher akustischer Spiegel läßt sich in einfacher Weise aus zumindest zwei, meist aber vier oder mehr  
25  $\lambda/4$ -Schichten fertigen, deren Dicke einem Viertel (oder ungeradezahligem Vielfachen von  $\lambda/4$ , d. h.  $(2n+1)*\lambda/4$ , wobei n ganzzahlig ist, n = 0, 1, 2, ...) der Wellenlänge der im Material ausbreitungsfähigen akustischen Welle ist. Für diese  
30  $\lambda/4$ -Schichten werden unterschiedliche Materialien mit unterschiedlicher akustischer Impedanz verwendet, wobei der Reflexionskoeffizient des akustischen Spiegels mit größer werdendem Impedanzunterschied zwischen den Materialien der Spiegelschichten steigt. Ein akustischer Spiegel kann beispielsweise aus alternierenden Schichten von Wolfram und Siliziumoxid, Wolfram und Silizium, Aluminiumnitrid und Siliziumoxid, Silizium und Siliziumoxid, Molybdän und Siliziumoxid oder anderen  
35 Schichtenpaaren bestehen, die sich durch ausreichende Unterschiede bezüglich ihrer akustischen Impedanz auszeichnen und

die kontrolliert in Dünnschichttechniken wechselseitig über-einander abscheidbar sind. Die Anzahl der für einen ausrei-chenden Reflexionskoeffizienten des akustischen Spiegels er-forderlichen Schichtenpaare ist von der Materialauswahl ab-hängig, da unterschiedliche Schichtenpaare unterschiedliche Reflexionskoeffizienten aufweisen.

Die GDE-Schicht kann eine Teilschicht des akustischen Spie-gels sein. Auch die Elektrodenschicht kann Teil des akusti-schen Spiegels sein. Möglich ist es jedoch auch, den akusti-schen Spiegel zusätzlich zu beiden genannten Schichten auszu-bilden.

Eine weitere Ausführungsform von FBAR-Resonatoren nutzt den hohen Impedanzunterschied zwischen Feststoffen und Luft, um einen ausreichenden Reflexionskoeffizienten für die akusti-sche Welle an der Grenzfläche zu erzielen. Solche FBAR-Resonatoren sind daher über einem Luftspalt ausgebildet, bei-spielsweise freitragend oder über einer zusätzlichen dünnen Membranschicht. Die Auflagepunkte des FBAR-Resonators auf dem Substrat sind dabei so gewählt, daß sie seitlich gegen das aktive Resonatorvolumen versetzt sind, das insbesondere durch die Elektrodenfläche für den FBAR-Resonator definiert ist.

Zur Abstimmung des erfindungsgemäßen Bauelements wird über die an Steuerelektroden anzulegende Steuerspannung eine Di-mensionsänderung der piezoelektrischen Steuerschicht erzeugt, die auf die als Dünnschicht ausgebildete GDE-Schicht übertra-gen wird. Die GDE-Schicht kann aufgrund ihrer Leitfähigkeit als eine der Steuerelektroden für die piezoelektrische Steu-erschicht dienen. Gegenüber der GDE-Schicht ist auf der pie-zoelektrischen Abstimmsschicht die zweite Steuerelektrode auf-gebracht, beispielsweise eine Aluminiumschicht.

Zur Abschirmung des Bauelements gegenüber äußeren elektri-schen und vor allem magnetischen Feldern ist eine metallische

Abdeckung, Umhüllung, ein metallisches Gehäuse oder ähnliches, insbesondere Mu-Metall geeignet.

- Wegen der guten Abstimmbarkeit bezüglich der Arbeitsfrequenz
- 5 des Bauelements ist dieses insbesondere als Filter geeignet und insbesondere als Frontendfilter für ein drahtloses Kommunikationsendgerät, beispielsweise ein Mobiltelefon. Durch den großen Abstimmungsbereich bis 30 % relativ zur Mittenfrequenz des Filters kann ein erfindungsgemäßes Bauelement als Frontendfilter auf eine Reihe unterschiedlicher Frequenzbänder abgestimmt werden. So ist es mit einem einzigen erfindungsgemäßem Filter möglich, in unterschiedlichen Sende- und Empfangsbändern betrieben zu werden. Während bislang für einen Betrieb in mehreren Bändern mehrere Filter erforderlich waren, genügt nun ein einziges erfindungsgemäßes Filter. Mit 2 oder 3 Filtern lässt sich auf diese Weise sogar das gesamte Frequenzspektrum der heute üblichen Mobilfunkfrequenzen abdecken.
- 10
- 15
- 20 Erfindungsgemäße als FBAR-Resonatoren ausgebildete Bauelemente stellen für sich genommen noch keine Filter dar, sondern wirken erst in einer Zusammenschaltung mehrerer Bauelemente, beispielsweise in einer Abzweigschaltung als Bandpaßfilter. Mit der Erfindung ist es nun möglich, sämtliche zu einem
- 25 Bandpaßfilter zusammengeschaltete erfindungsgemäße FBAR-Resonatoren mit einer gemeinsamen Abstimmsschicht bezüglich ihrer Arbeitsfrequenz und damit bezüglich der Mittenfrequenz des Paßbandes zu verschieben. Möglich ist es jedoch auch, zwei oder mehr Abstimmsschichten in einem Bauelement vorzusehen und so mehrere Filterkomponenten unterschiedlich zu beeinflussen. Wird ein Bandpaßfilter durch erfindungsgemäße FBAR-Resonatoren realisiert, so können die Resonatoren so in Gruppen angeordnet werden, daß mit Hilfe mehrerer Abstimmsschichten eine unterschiedliche Beeinflussung der Resonatoren
- 30 bezüglich ihrer Mittenfrequenz gelingt. Bei einem Bandpaßfilter in Abzweigtechnik ist es zum Beispiel möglich, die im seriellen Zweig angeordneten Resonatoren anders zu behandeln
- 35

beziehungsweise zu beeinflussen als die in den parallelen Zweigen angeordneten Resonatoren. Auf diese Weise ist es möglich, die Bandbreite des gesamten Filters zu beeinflussen. Bei größer werdendem Abstand der Mittenfrequenzen zwischen 5 den Resonatoren im parallelen und im seriellen Arm wird die Bandbreite des Filters vergrößert.

Mit der gleichen Methode lassen sich auch die Duplexerabstände in einem aus erfindungsgemäßen Bauelementen hergestellten 10 Duplexer beeinflussen. Wird eines der beiden aus erfindungsgemäßen Sende- und Empfangsfilter bestehenden Einzelfilter des Duplexers mit Hilfe einer Abstimmschicht in seiner Mittenfrequenz gegen das entsprechende andere Filter verschoben, so wird der Bandabstand vergrößert oder verkleinert. Durch 15 unabhängige Beeinflussung von Sende- und Empfangsfiltern mit Hilfe eigener Abstimmschichten und unterschiedlich einstellbarer Steuerspannungen ist es möglich, den Duplexer sowohl im Bandabstand als auch in der Frequenzlage im Rahmen der erfindungsgemäßen Bandbreite bis mehr als 30 % zu variieren.

20

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen schematischen und daher nicht maßstabsgetreuen Figuren näher erläutert.

25 Figur 1 zeigt ein als FBAR-Resonator ausgebildetes erfindungsgemäßes Bauelement im schematischen Querschnitt

30 Figur 2 zeigt ein weiteres als FBAR-Resonator ausgebildetes erfindungsgemäßes Bauelement im schematischen Querschnitt

35 Figur 3 zeigt ein als SAW-Bauelement ausgebildetes erfindungsgemäßes Bauelement im schematischen Querschnitt

Figuren 4 und 5 zeigen weitere als SAW-Bauelement ausgebildete erfindungsgemäße Bauelemente im schematischen Querschnitt

- 5 In Figur 1 sind allgemeine Merkmale der Erfindung anhand einer schematischen Querschnittsdarstellung eines erfindungsgemäßen BAW-Bauelements (Bulk Acoustic Wave Bauelement) erläutert.
- 10 Das Bauelement BE ist als Mehrschichtbauelement auf einem Substrat SU erzeugt. Es umfaßt eine GDE-Schicht GDE, über der in engem Kontakt eine piezoelektrische Schicht PS ausgebildet ist, welche einerseits mit einem Paar HF-Elektroden ES1 zur Anregung akustischer Volumenwelle und andererseits mit einem Paar Steuerspannungs-Elektroden ES2 versehen ist. In der in Figur 1 gezeigten vorteilhaften Ausführung stellt die Top-Elektrode sowohl eine der HF-Elektroden als auch eine der Steuerspannungs-Elektroden zugleich dar. Die zweite HF-Elektrode bzw. die zweite Steuerspannungs-Elektrode ist neben der piezoelektrischen Schicht PS auf der GDE-Schicht angeordnet.

Die zweite HF-Elektrode ES1 kann in einer weiteren Ausführungsform unterhalb der piezoelektrischen Schicht PS angeordnet sein. Die zweite Steuerspannungs-Elektrode des Elektrodenpaar ES2 kann als dünne Metallschicht entweder oberhalb oder unterhalb der GDE-Schicht GDE liegen. Die letztere Möglichkeit ist in Figur 1 durch die wahlweise vorzusehende Metallschicht ME angedeutet. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß die GDE-Schicht eine der HF-Elektroden oder der Steuerspannungs-Elektroden ersetzt. Die Steuerspannungs-Elektroden können weiterhin quer zur piezoelektrischen Schicht angeordnet sein.

- 35 Die Dicken von piezoelektrischer Schicht PS und GDE-Schicht GDE sind so gewählt, daß beide Schichten im Eindringbereich der akustischen Welle liegen.

Das Dickenverhältnis von piezoelektrischer Schicht PS zur GDE-Schicht GDE im Bereich der Eindringtiefe ist ein weiterer einstellbarer Parameter für das erfindungsgemäße Bauelement.

- 5 Je größer der Anteil der GDE-Schicht innerhalb der Eindringtiefe ist, desto größer ist der Abstimmbereich, über den die Arbeitsfrequenz beziehungsweise Mittenfrequenz des Filters verschoben werden kann. Ein größerer Anteil piezoelektrischer Schicht PS innerhalb der Eindringtiefe dagegen erhöht die 10 Kopplung und damit die Bandbreite des Filters. In Abhängigkeit von den gewünschten Eigenschaften des Bauelements wird das Verhältnis so eingestellt, daß entweder eine hohe Kopplung oder eine hohe Abstimmbarkeit oder eine geeignete Optimierung bezüglich beider Eigenschaften erhalten wird.

- 15 Der akustisch aktive Teil des Bauelements kann zum Substrat SU hin durch einen akustischen Spiegel AS abgetrennt sein, der für eine hundertprozentige Reflexion der akustischen Welle zurück in den akustisch aktiven Teil des Bauelements 20 sorgt.

- Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß die GDE-Schicht eine Teilschicht des akustischen Spiegels AS darstellt. Wichtig ist dabei auch hier, daß die GDE-Schicht im Eindringbereich der akustischen Welle liegt, so daß in dieser Ausführungsform die GDE-Schicht insbesondere eine obere Teilschicht 25 des akustischen Spiegels ist. So wird eine bessere Abstimmbarkeit über die GDE-Schicht erzielt.

- 30 Möglich ist es auch, daß die untere Steuer- oder HF-Elektrodenschicht eine Teilschicht des akustischen Spiegels AS darstellt.

- 35 Die an die Steuerelektroden angelegte variierende Spannung (Steuerspannung) wird zur Frequenzabstimmung des Filters benutzt. Im Ausführungsbeispiel von Figur 1 übernimmt die genannte piezoelektrische Schicht PS zweierlei Funktion als An-

regungsschicht zur Anregung von akustischen Volumenwellen und als abstimmbare Schicht zur Erzeugung einer mechanischen Ver- spannung, welche auf die GDE-Schicht übertragen wird und eine Veränderung der Materialsteifigkeit hervorruft. Letztere be- 5 einflußt wiederum die Ausbreitungsgeschwindigkeit der akusti- schen Welle und damit die Mittelfrequenz des Filters.

Figur 2 zeigt den Querschnitt einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform eines abstimmbaren BAW-Bauelements. Die pie- 10 zoelektrische Anregungsschicht PS1 liegt zwischen zwischen zwei HF-Elektroden ES1. Die untere dieser Elektroden ES1 stellt gleichzeitig eine Steuerspannungs-Elektrode ES2 dar. Darunter ist eine GDE-Schicht GDE angeordnet, die in einer weiteren möglichen Ausführungsform die zuletzt erwähnte Elek- 15 trode ersetzen kann, falls die GDE-Schicht elektrisch leitend ist. Zwischen der GDE-Schicht und der unteren der Steuerspan- nungs-Elektroden ES2 liegt die piezoelektrische Abstimm- schicht PS2.

20 In Figur 3 ist anhand einer schematischen Querschnittsdar- stellung die Erfindung für ein SAW-Bauelement erläutert.

Das Bauelement BE ist als Mehrschichtbauelement auf einem Substrat SU erzeugt. Es umfaßt eine GDE-Schicht GDE, über der 25 in engem Kontakt eine piezoelektrische Schicht PS ausgebildet ist. Die Bauelementstrukturen (Elektrodenstrukturen) ES1 sind auf der Oberfläche der piezoelektrischen Schicht PS ausgebil- det, beispielsweise als Aluminium umfassende Metallisierun- gen. Die von den Elektrodenstrukturen ES1, beispielsweise von 30 Interdigitalwandlern, erzeugten akustischen Wellen haben eine Eindringtiefe in den Mehrschichtaufbau von etwa einer halben Wellenlänge. Die Dicken von piezoelektrischer Schicht PS und GDE-Schicht GDE sind so gewählt, daß beide Schichten im Ein- dringbereich der akustischen Welle liegen.

35

Eine erste Steuerspannungs-Elektrode ES2 ist auf der Obersei- te der piezoelektrischen Schicht PS, die akustische Struktu-

15

ren wie z. B. Interdigitalwandler und Reflektoren trägt, angeordnet. Als zweite Steuerelektrode ES2 in diesem Ausführungsbeispiel dient die elektrisch leitende GDE-Schicht GDE.

- 5 Die zweite Steuerelektrode kann außerdem als eine zusätzliche Metallschicht oberhalb oder unterhalb der GDE-Schicht angeordnet sein.

In dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel dient die  
10 piezoelektrische Schicht PS sowohl zur Anregung akustischer Oberflächenwellen als auch zur Steuerung elastischer Eigen-  
schaften der darunter liegenden GDE-Schicht GDE mittels me-  
chanischer Verspannungen, die als Folge des inversen piezo-  
elektrischen Effektes beim Anlegen variierender Steuerspan-  
15 nung auftreten.

Figur 4 zeigt anhand eines schematischen Querschnitts ein weiteres Beispiel eines erfindungsgemäßen SAW-Bauelements,  
20 wobei die GDE-Schicht GDE zwischen der piezoelektrischen An-  
regungsschicht PS1 und der piezoelektrischen Abstimmschicht  
PS2 angeordnet ist. Eine Steuerspannungs-Elektrode ES2 liegt  
unterhalb der Abstimmschicht PS2. Die zweite Steuerelektrode  
ES2 kann entweder als GDE-Schicht oder als eine zusätzliche  
Metallschicht oberhalb oder unterhalb der GDE-Schicht GDE  
25 ausgebildet sein.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist ein abstimmbares SAW-Bauelement ohne Trägersubstrat in Figur 5 gezeigt. Die akustischen Strukturen wie z. B. Interdigitalwandler oder Re-  
30 flektoren befinden sich auf der Oberseite der piezoelektri-  
schen Anregungsschicht PS1. Die GDE-Schicht GDE ist zwischen der Anregungsschicht PS1 und der piezoelektrischen Abstimm-  
schicht PS2 angeordnet. Letztere ist beiderseits mit Steuer-  
spannungs-Elektroden ES2 versehen.

35

Eine weitere Variationsmöglichkeit besteht darin, die obere Steuerspannungs-Elektrode ES2 als GDE-Schicht auszubilden.

Die Erfindung wurde der Übersichtlichkeit halber nur anhand weniger Ausführungsbeispiele dargestellt, ist aber nicht auf diese beschränkt. Weitere Variationsmöglichkeiten ergeben

- 5 sich aus weiteren von den dargestellten Ausführungen unterschiedlichen relativen Anordnungen von piezoelektrischer Abstimmschicht, GDE-Schicht und piezoelektrischer Anregungsschicht. Variationen sind auch bezüglich der den Typ des Bauelements bestimmenden Elektrodenstrukturen und auch bezüglich
- 10 der verwendeten Materialien und Dimensionen möglich. Nicht dargestellt sind auch Maßnahmen zur Abschirmung des erfundungsgemäßen Bauelements, insbesondere Abschirmungen aus Mu-Metall.
- 15 Das erfundungsgemäße Bauelement kann außerdem aus mehreren Filterteilstrukturen bestehen. Die Filterteilstrukturen können voneinander unabhängige Filter sein, können zusammen einen Diplexer bilden, welcher mit einer Antenne verbunden eine Frequenzweiche darstellt. Die Teilterfilterstrukturen können
- 20 auch zusammen einen Duplexer bilden, wobei die Teilterfilterstrukturen jeweils ein Sende- oder ein Empfangsfilter darstellen. Jedes der Filterbauelemente beziehungsweise der Filterteilstrukturen ist dabei mit einer eigenen Abstimmschicht kombiniert, so daß eine voneinander unabhängige Abstimmung
- 25 der Filterteilstrukturen möglich ist. Für einen Diplexer bedeutet dies, den Frequenzabstand der beiden voneinander zu trennenden Frequenzbereiche zu erhöhen oder zu erniedrigen. In einem Duplexer kann auf diese Art und Weise der Duplexer-abstand eingestellt werden. Möglich ist es jedoch auch, die
- 30 beiden Filterteilstrukturen durch Serien- oder Parallelver-schaltung zu einem einzigen Filter zusammenzuschalten. Werden dabei beispielsweise identische Filterteilstrukturen eingesetzt, so können durch unabhängige Abstimmung einzelner oder beider Filterteilstrukturen deren Mittenfrequenzen gegeneinander verschoben werden, wobei sich die Bandbreite des Ge-samtfilters verändert. Dabei können die Filterteilstrukturen einzelne Filterspuren eines SAW-Filters sein. Die Filterteil-
- 35

strukturen können aber auch einzelne oder Gruppen von FBAR-Resonatoren innerhalb einer Ladder Type-Anordnung sein. Die Ladder Type-Anordnung kann dabei aus FBAR-Resonatoren oder aus Eintor-SAW-Resonatoren bestehen.

5

Möglich ist außerdem eine Lattice-Type-Anordnung mehrerer SAW- oder FBAR-Resonatoren, eine Filteranordnung aus gestapelten SAW- oder FBAR-Resonatoren, die sogenannte Stacked-Crystal-Filter (SCF) Filteranordnung, oder eine Filteranordnung aus gekoppelten Resonatoren: Coupled-Resonator-Filter (CRF) Filteranordnung. Eine Filteranordnung kann auch beliebige Kombinationen der genannten Filteranordnungen umfassen.

Das mechanische Trägersubstrat (SU) kann einen Vielschichtaufbau mit integrierten Schaltungselementen haben. Unter einem passiven oder aktiven Schaltungselement versteht man eine Induktivität, eine Kapazität, eine Verzögerungsleitung, einen Widerstand, eine Diode oder einen Transistor. Dabei sind die genannten Schaltungselemente vorzüglich als Leiterbahnen oder beliebig geformte Metallflächen zwischen den einzelnen Lagen des Trägersubstrats oder als vertikale Durchkontaktierungen im Trägersubstrat ausgebildet.

Auf der Oberseite des Trägersubstrats können außerdem diskrete passive oder aktive Bauelemente oder Chip-Bauelemente (beispielsweise SAW-Bauelemente, Mikrowellenkeramik-Filter, LC Chip Filter, Streifenleitungsfilter) angeordnet sein. Diese Chip-Bauelemente können von einem gemeinsamen Gehäuse umfaßt sein. Es ist möglich, daß einzelne Chip-Bauelemente separat (jedes für sich) eingehäust sind.

Sowohl im Trägersubstrat integrierte als auch auf der Oberseite des Trägersubstrats angeordnete Schaltungselemente können zumindest einen Teil einer Anpaßschaltung, eines Antennenschalters, eines Diodenschalters, eines Hochpaßfilters, eines Tiefpaßfilters, eines Bandpaßfilters, eines Bandsperrfilters, eines Leistungsverstärkers, eines Diplexers, eines

Duplexers, eines Kopplers, eines Richtungskopplers, eines Balun, eines Mischers oder eines Speicherelements bilden.

- Eine Anpaßschaltung im erfindungsgemäßen Bauteil kann ab-  
5 stimmbar sein. Ein Teil der integrierten Anpaßschaltung kann  
beispielsweise als eine oder mehrere Leiterbahnen auf der  
Oberseite des Trägersubstrats zur späteren Feinanpassung aus-  
gebildet sein.
- 10 Ein erfindungsgemäses Bauteil kann sowohl zumindest einen  
symmetrischen als auch zumindest einen unsymmetrischen Ein-  
bzw. Ausgang aufweisen.
- 15 Ein vielschichtiges Trägersubstrat kann Lagen aus Mehrlagen-  
keramik, Silizium oder organischen Materialien (z. B. Kunst-  
stoffe, Laminate) enthalten.
- Sowohl die auf der Oberseite des Trägersubstrats angeordneten  
20 Chip-Bauelemente als auch die auf der Oberseite des Träger-  
substrats angeordneten diskreten passiven oder aktiven Bau-  
elemente können SMD-Bauelemente (Surface Mounted Design Bau-  
elemente) sein.

## Patentansprüche

1. Mit akustischen Wellen arbeitendes elektronisches Bauelement mit einem Mehrschichtaufbau, der
  - 5 - zumindest eine GDE-Schicht (GDE) und
  - zumindest eine in engem Kontakt mit der GDE-Schicht befindliche piezoelektrische Schicht (PS)
  - enthält und
  - bei dem eine piezoelektrische Anregungsschicht (PS, PS1) vorgesehen und zur Anregung akustischer Wellen mit HF-Elektroden (ES1) versehen ist,
  - bei dem eine piezoelektrische Abstimmschicht (PS, PS2) zur Veränderung des Elastizitätsmoduls des GDE-Materials unmittelbar über eine mechanische Verspannung oder der Verbindung der Abstimmschicht (PS, PS2) und der GDE-Schicht (GDE) vorgesehen und mit Steuerspannungs-Elektroden (ES2) versehen ist,
  - bei dem die Anregungs- und die Abstimmschicht durch die zumindest eine piezoelektrische Schicht verwirklicht sind.
- 20 2. Bauelement nach Anspruch 1,  
das zumindest einen BAW-Resonator - Bulk Acoustic Wave Resonator - umfaßt, wobei die piezoelektrische Anregungsschicht (PS, PS1) Bestandteil dieses Resonators ist.
- 25 3. Bauelement nach Anspruch 2,  
das einen akustischen Reflektor aufweist, bei dem eine Teilschicht des akustischen Reflektors (AS) als eine Elektrodenschicht (ES1, ES2) oder als eine GDE-Schicht (GDE) ausgeführt ist.
- 30 4. Bauelement nach Anspruch 2 oder 3,  
bei dem Elektroden vorgesehen sind, die sowohl als HF-Elektroden (ES1) zur Anregung akustischer Volumenwellen als auch als Steuerspannungs-Elektroden (ES2) zur Veränderung des Elastizitätsmoduls des GDE-Materials und damit zur Frequenzabstimmung des BAW Resonators dienen.

5. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 4, das zumindest eine Oberflächenwellenkomponente umfaßt, wobei die Anregungsschicht (PS, PS1) das piezoelektrische Substrat dieser Komponente bildet.

6. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem der Mehrschichtaufbau auf einem Trägersubstrat (SU) angeordnet ist.

10

7. Bauelement nach Anspruch 5 oder 6, bei dem eine der Steuerspannungs-Elektroden (ES2) auf der Fläche der piezoelektrischen Schicht (PS, PS1), welche Interdigitalwandler und weitere akustische Strukturen trägt, angeordnet ist.

15

8. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die GDE-Schicht (GDE) und zumindest eine piezoelektrische Schicht (PS, PS1, PS2) durch eine Elektroden-schicht (ES1, ES2) getrennt sind.

20

9. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem nur eine piezoelektrische Schicht (PS) vorgesehen ist, die sowohl als Anregungsschicht zur Anregung der akustischen Welle als auch als Abstimmschicht zur mechanischen Verspannung der GDE-Schicht dient.

25

10. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die GDE-Schicht (GDE) zwischen der Anregungs-schicht (PS1) und der Abstimmschicht (PS2) angeordnet ist.

30

11. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die GDE-Schicht (GDE) elektrisch leitende Eigen-schaften besitzt und eine der Steuerspannungs-Elektroden (ES2) oder - bei den FBAR-Ausführungen - eine der HF-Elektroden (ES1) ersetzt.

35

12. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 11,  
bei dem die GDE-Schicht (GDE) und die Abstimmschicht (PS,  
PS2) zwischen zwei Steuerspannungs-Elektroden angeordnet  
5 sind.

13. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 12,  
bei dem die Anregungsschicht (PS, PS1) aus einem Material  
10 besteht, welches ausgewählt ist aus PZT, ZnO, AlN oder  
GaN.

14. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 6 bis 13,  
bei dem das Trägersubstrat (SU) einen Vielschichtaufbau  
aufweist.  
15

16. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 6 bis 14,  
bei dem das Trägersubstrat (SU) einen Vielschichtaufbau  
0 mit zumindest einem integrierten passiven oder aktiven  
Schaltungselement aufweist.  
20

17. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 6 bis 15,  
bei dem auf der Oberseite des Trägersubstrats (SU) zumin-  
dest ein diskretes passives oder aktives Bauelement ange-  
ordnet ist.  
25

18. Bauelement nach Anspruch 17,  
bei dem das Chip-Bauelement ein SAW-Bauelement ist.  
30

19. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 6 bis 18,  
bei dem zumindest ein im Trägersubstrat (SU) integriertes  
35 passives oder aktives Schaltungselement zumindest einen  
Teil einer Anpaßschaltung bildet.

20. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 6 bis 19,  
bei dem zumindest ein im Trägersubstrat (SU) integriertes  
passives oder aktives Schaltungselement entweder zumin-  
dest einen Teil eines Antennenschalters, eines Dioden-  
schalters, eines Hochpaßfilters, eines Tiefpaßfilters,  
eines Bandpaßfilters, eines Bandsperrfilters, eines Lei-  
stungsverstärkers, eines Diplexers, eines Duplexers, ei-  
nes Kopplers, eines Richtungskopplers, eines Balun, eines  
Mischers oder eines Speicherelements bildet.

10

21. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 6 bis 20,  
bei dem zumindest ein auf der Oberseite des Trägersub-  
strats (SU) angeordnetes diskretes passives oder aktives  
Schaltungselement entweder zumindest einen Teil eines An-  
tennenschalters, eines Diodenschalters, eines Hochpaßfil-  
ters, eines Tiefpaßfilters, eines Bandpaßfilters, eines  
Bandsperrfilters, eines Leistungsverstärkers, eines Di-  
plexers, eines Duplexers, eines Kopplers, eines Rich-  
tungskopplers, eines Balun, eines Mischers oder eines  
Speicherelements bildet.

15

22. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 6 bis 21,  
bei dem zumindest ein Teil einer im Trägersubstrat inte-  
grierten Anpaßschaltung als eine oder mehrere Leiterbah-  
nen zur späteren Feinanpassung ausgebildet ist.

25

23. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 22,  
bei dem das Trägersubstrat (SU) eine Mehrlagenkeramik  
ist.

30

24. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 23,  
bei dem das Trägersubstrat (SU) aus Silizium besteht.

35

25. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 24,  
bei dem das Trägersubstrat (SU) aus einem organischen Ma-  
terial, beispielsweise Kunststoff oder Laminat, besteht.

26. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 25,  
bei dem sowohl ein oder mehrere Chip-Bauelemente als auch  
ein oder mehrere an der Oberseite des Trägersubstrats  
(SU) angeordnete diskrete passive oder aktive Schaltungs-  
elemente SMD-Elemente darstellen.

5

27. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 26,  
bei dem zumindest ein auf der Oberseite des Trägersub-  
strats (SU) angeordnetes Chip-Bauelement eingehäust ist.

10

28. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 27,  
bei dem zumindest zwei auf der Oberseite des Trägersub-  
strats (SU) angeordnete Chip-Bauelemente von einem ge-  
meinsamen Gehäuse umfaßt sind.

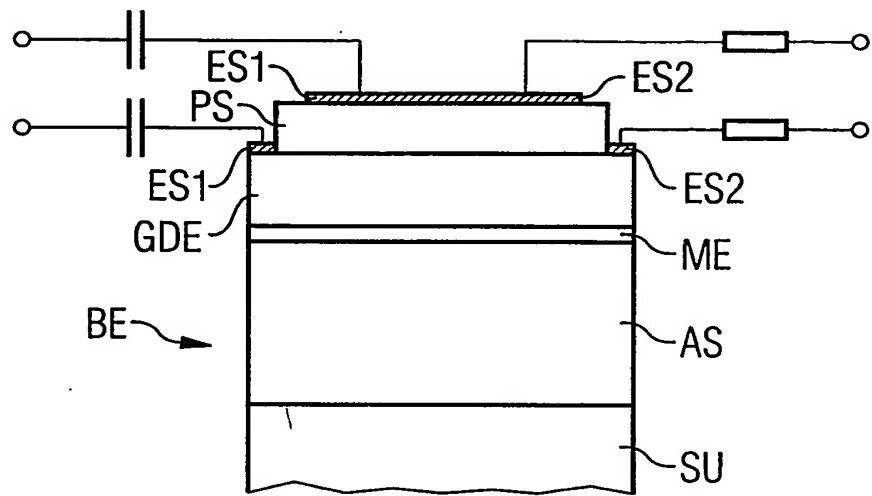
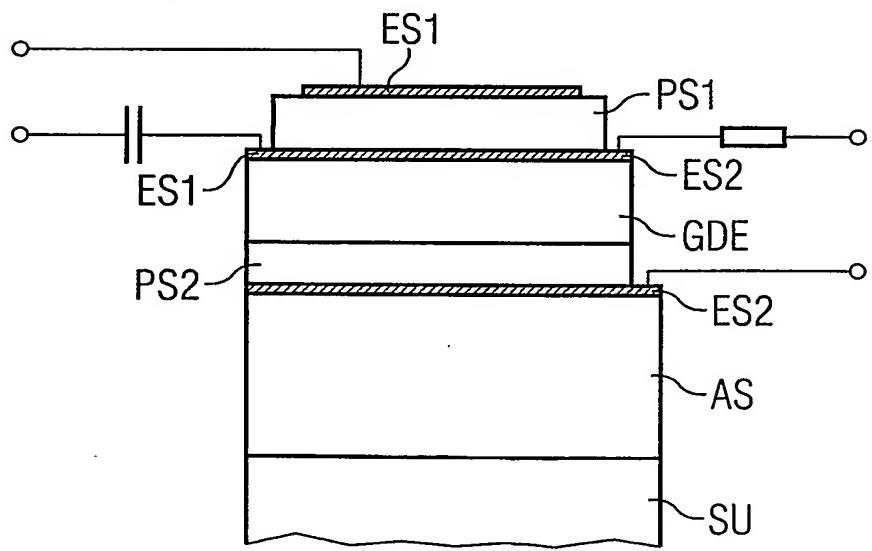
15

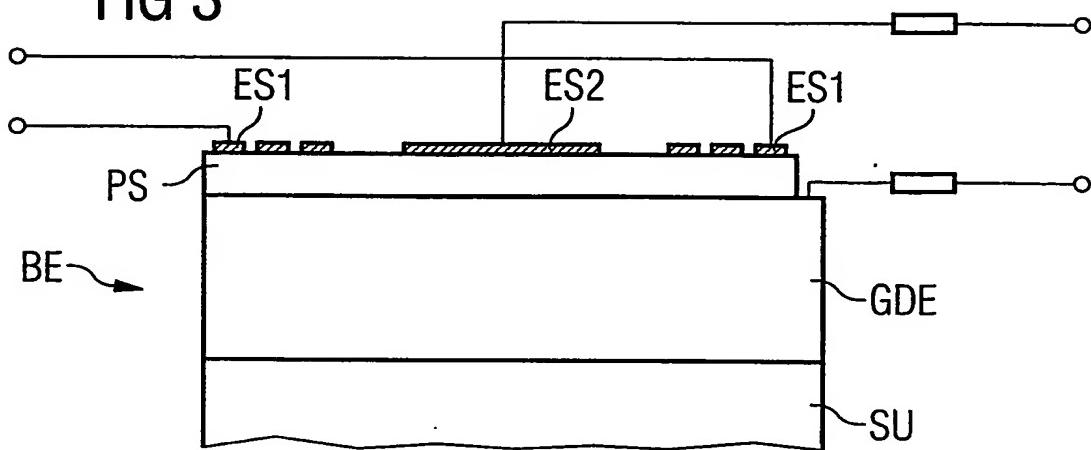
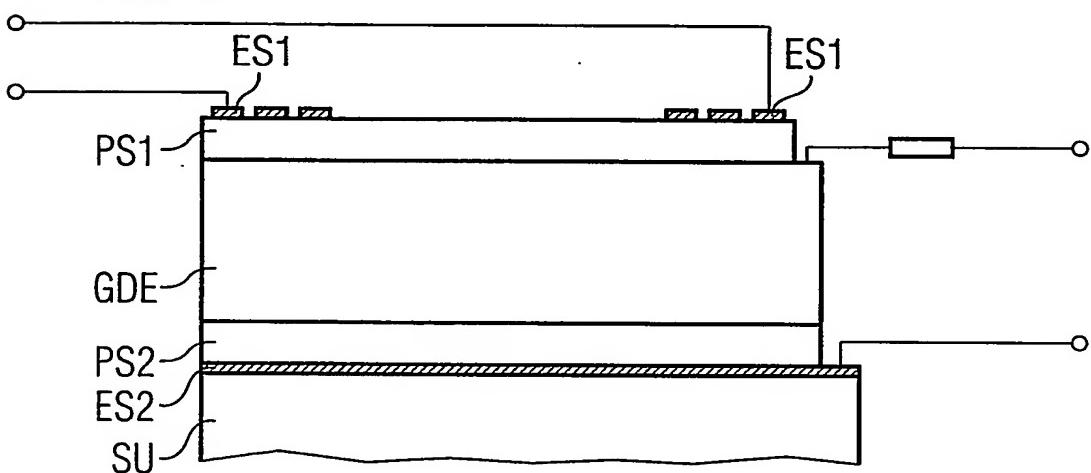
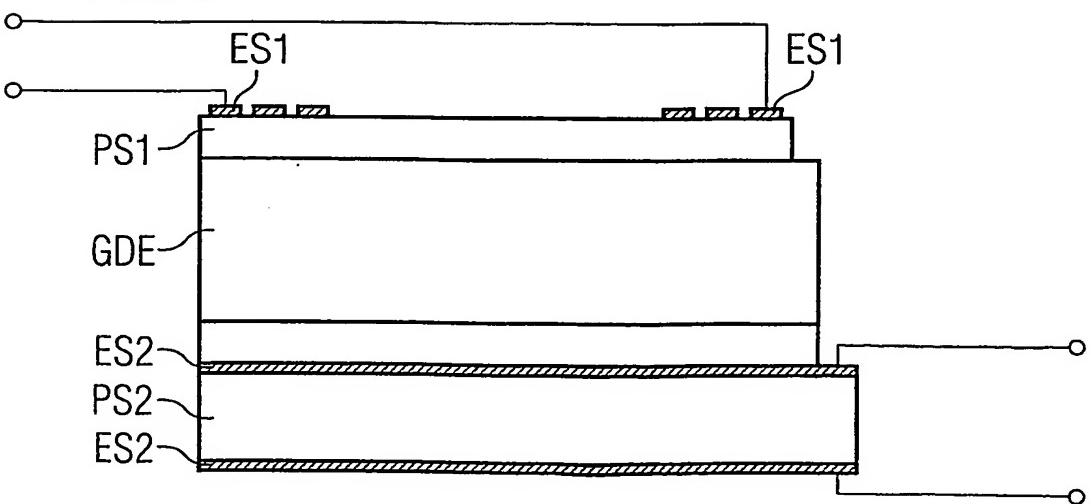
29. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 28,  
das zumindest zwei separat eingehäuste Chip-Bauelemente  
auf der Oberseite des Trägersubstrats (SU) aufweist.

20

30. Bauelement nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 29,  
bei dem zumindest eine der HF-Elektroden (ES1) oder der  
Steuerspannungs-Elektroden (ES2) mehrere Schichten ent-  
hält.

1/2

**FIG 1****FIG 2**

**FIG 3****FIG 4****FIG 5**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

P03/01466

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H03H9/25

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>YAMAGUCHI MASATSUME ET AL: "VARIABLE SAW DELAY LINE USING AMORPHOUS TbFe<sub>2</sub> FILM"          INT MAGN CONF (INTERMAG '80); BOSTON, MASS          APR 21-24 1980,          vol. MAG-16, no. 5,          21 April 1980 (1980-04-21), pages 916-918,          XP002257721          IEEE Trans Magn Sep 1980          figures 1-3          abstract          page 916, right-hand column, line          11-13, 29-32          page 918, left-hand column, line 29-31          ---          -/-</p>	1-30

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

14 October 2003

Date of mailing of the International search report

27/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Plathner, B-D

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/01466

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>GANGULY A K ET AL: "MAGNETOELASTIC SURFACE WAVES IN A MAGNETIC FILM-PIEZOELECTRIC SUBSTRATE CONFIGURATION"  J APPL PHYS JUN 1976,  vol. 47, no. 6, June 1976 (1976-06), pages  2696-2704, XP002257722  abstract  page 2696, left-hand column, line  5-7, 24, 25  page 2696, right-hand column, line 1-5  page 2703, right-hand column, line 8-12  paragraph '000V!  -----</p>	1-30
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN  vol. 1997, no. 03,  31 March 1997 (1997-03-31)  &amp; JP 08 288143 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 1 November 1996 (1996-11-01)  abstract  -----</p>	1
A	<p>CHIRIAC H ET AL:  "Magneto-surface-acoustic-waves  microdevice using thin film technology:  design and fabrication process"  SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA  S.A., LAUSANNE, CH,  vol. 91, no. 1-2,  5 June 2001 (2001-06-05), pages 107-111,  XP004239189  ISSN: 0924-4247  figures 1, 4, 5  page 107, left-hand column, line 1  -right-hand column, line 2  page 110, right-hand column, line 28-30  -----</p>	1
A	<p>US 5 959 388 A (GRAEBNER JOHN EDWIN ET AL) 28 September 1999 (1999-09-28)  cited in the application  abstract; figure 1  -----</p>	1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP98/01466

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 08288143	A 01-11-1996	NONE	
US 5959388	A 28-09-1999	NONE	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/01466

**A. KLASSEFIZIERTUNG DES ANMELDUNGSSTANDES**  
IPK 7 H03H9/25

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBiete**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>YAMAGUCHI MASATSUME ET AL: "VARIABLE SAW DELAY LINE USING AMORPHOUS TbFe2 FILM" INT MAGN CONF (INTERMAG '80); BOSTON, MASS APR 21-24 1980, Bd. MAG-16, Nr. 5, 21. April 1980 (1980-04-21), Seiten 916-918, XP002257721 IEEE Trans Magn Sep 1980 Abbildungen 1-3 Zusammenfassung Seite 916, rechte Spalte, Zeile 11-13, 29-32 Seite 918, linke Spalte, Zeile 29-31 ----</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	1-30

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Oktober 2003

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

27/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Plathner, B-D

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT [REDACTED] 3/01466

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGEBRACHTE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	GANGULY A K ET AL: "MAGNETOELASTIC SURFACE WAVES IN A MAGNETIC FILM-PIEZOELECTRIC SUBSTRATE CONFIGURATION" J APPL PHYS JUN 1976, Bd. 47, Nr. 6, Juni 1976 (1976-06), Seiten 2696-2704, XP002257722 Zusammenfassung Seite 2696, linke Spalte, Zeile 5-7, 24, 25 Seite 2696, rechte Spalte, Zeile 1-5 Seite 2703, rechte Spalte, Zeile 8-12 Absatz '000V! ---	1-30
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 03, 31. März 1997 (1997-03-31) & JP 08 288143 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 1. November 1996 (1996-11-01) Zusammenfassung ---	1
A	CHIRIAC H ET AL: "Magneto-surface-acoustic-waves microdevice using thin film technology: design and fabrication process" SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH, Bd. 91, Nr. 1-2, 5. Juni 2001 (2001-06-05), Seiten 107-111, XP004239189 ISSN: 0924-4247 Abbildungen 1, 4, 5 Seite 107, linke Spalte, Zeile 1 -rechte Spalte, Zeile 2 Seite 110, rechte Spalte, Zeile 28-30 ---	1
A	US 5 959 388 A (GRAEBNER JOHN EDWIN ET AL) 28. September 1999 (1999-09-28) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildung 1 ----	1

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/ [REDACTED] 01466

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 08288143	A 01-11-1996	KEINE	
US 5959388	A 28-09-1999	KEINE	